Relations entre l'amphibiose de *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), l'altitude et la nature de ses habitats dans le centre du Maroc

° M.D. GOUMGHAR, °° P. VIGNOLES, °° D. RONDELAUD, °° G. DREYFUSS et ° M. BENLEMLIH

° Faculté des Sciences, Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, B.P. n° 1796, 30 000 Fès Atlas, Maroc
°° UPRES EA n° 3174, Facultés de Pharmacie et de Médecine, 2, rue du Docteur Raymond Marcland, F-87025 Limoges, France

Envoi de la correspondance : Dr. D. Rondelaud, Faculté de Médecine, 87025 Limoges Cedex. Fax : 33.5.55.43.58.93. E-mail : rondelaud@pharma.unilim.fr

RÉSUMÉ

Des investigations bimensuelles ont été réalisées en 1997 dans la vallée de l'Oued Aïn Chkef (région de Fès, Maroc central) et dans celle de l'Oued Zerrouka (région d'Ifrane) pour suivre les variations saisonnières qui se produisent dans le comportement amphibie de *Galba truncatula* par rapport à l'altitude des sites, la nature des habitats (berges de rivière ou zones marécageuses) et la hauteur des limnées. Deux distances (horizontale et verticale) ont été mesurées pour chaque mollusque afin de situer sa position par rapport à la limite ou à la surface de l'eau. Sur les berges de l'Oued Aïn Chkef (465 m d'altitude), l'émersion des mollusques est totale de janvier au début d'octobre alors que dans la zone marécageuse voisine, les limnées ne s'émergent que de mai à la fin octobre. Dans la vallée de l'Oued Zerrouka (1630 m), des fluctuations dans les nombres des limnées émergées ou immergées ont été notées depuis février (les deux stations) jusqu'à mai (les berges de l'oued) ou la fin de juillet (la zone marécageuse). L'émersion des mollusques est ensuite totale jusqu'au début d'octobre. Les distances horizontales et verticales sont significativement plus importantes dans les zones marécageuses que sur les berges de rivières, quel que soit le secteur. Le facteur altitude n'a pas d'influence tandis que la hauteur de *G. truncatula* et la date des relevés n'ont un effet significatif que sur les distances verticales relevées dans les deux sites d'Aïn Chkef. Le fait d'observer l'amphibiose de *G. truncatula* dans les quatre stations indique que le comportement de cette limnée est lié à l'espèce même du mollusque. Les fluctuations plus importantes des distances dans les zones marécageuses peuvent s'expliquer par la vitesse plus faible du courant qui circule dans ces sites.

MOTS-CLÉS : altitude - amphibiose - *Galba truncatula* - habitat - Maroc.

SUMMARY

Relationships between the amphibious behaviour of the snail *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), altitude, and the type of its habitats in central Morocco. By M.D. GOUMGHAR, P. VIGNOLES, D. RONDELAUD, G. DREYFUSS and M. BENLEMLIH.

Bimonthly investigations were carried out over 1997 in the valleys of Oued Aïn Chkef and Oued Zerrouka (central Morocco) to study the seasonal variations which occurred in the amphibious behaviour of *Galba truncatula* in relation to the altitude of sites studied, the type of snail habitats (river banks, or swampy zones), and the shell height of snails. Horizontal distances (between the position of snails and the mud-water junction) and vertical (between snails and the surface of water) distances were measured. On the banks of Oued Aïn Chkef (465 m altitude), all snails were emerged from January to early October, whereas in the close swampy zone, snails were only emerged from May to the end of October. In the valley of Oued Zerrouka (1630 m altitude), the numbers of emerged and immersed snails fluctuated from February (the two sites) up to May (river banks) or the end of July (swampy zone). Afterwards, all snails were emerged until October. Horizontal and vertical distances between snails and water were signifi cantly higher in swampy meadows, whatever the district studied. Altitude did not influence these parameters, whereas the height of *G. truncatula* and the date of sampling had only significant effects on the vertical distances recorded in the two sites of Aïn Chkef. The present study demonstrated that the amphibious behaviour of *G. truncatula* was species dependent. The greater variations of snail distances noted in swampy meadows might be explained by a lower speed of running water in these sites.

KEY-WORDS : altitude - amphibious behaviour - *Galba truncatula* - habitat - Morocco.

Introduction

Plusieurs espèces de mollusques appartenant à la famille des Lymnaeidae interviennent comme hôtes intermédiaires dans le cycle du trématode *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758). Le plus connu d'entre eux est *Galba truncatula* O.F. Müller, 1774 (= *Lymnaea truncatula*). Cette espèce a la capacité de vivre dans l'eau ou à l'air libre (amphibiose). Pendant l'hiver, la limnée est complètement immergée ; au printemps, les émersions sont de plus en plus fréquentes au cours de la journée et l'animal finit par vivre sur le sédiment humide. Après l'assèchement de son habitat (estivation) en juillet-août et le retour des premières pluies post-estivales, l'animal s'immerge de plus en plus au cours de l'automne.

Par rapport aux populations de plaine chez lesquelles l'aptitude des *G. truncatula* à l'amphibiose a été largement démontrée, les colonies vivant en altitude présentent des différences dans leur écologie : elles sont plus aquatiques [5, 12], supportent mieux l'estivation en s'enterrant dans le sédiment [1], et elles survivent plus longtemps aux infestations expérimentales avec un Digène [15]. Dans ce contexte, nous avons recherché si l'altitude modifie les caractéristiques de l'amphibiose chez *G. truncatula*, et comment la nature de l'habitat influence le comportement amphibie des limnées. Une étude comparative a été réalisée sur deux populations de plaine et deux autres de montagne.

Matériel et méthodes

Les quatre populations de *G. truncatula* ont été choisies dans le Maroc central en fonction des investigations malacologiques déjà réalisées dans les régions de Fès et d'Ifrane [2]. Le tableau I indique les caractéristiques de leurs biotopes.

Des échantillonnages bimensuels ont été réalisés de janvier à décembre 1997 dans les quatre sites, à l'exception des périodes d'assèchement estival (zone marécageuse de Fès) et de celles où la neige recouvre les sites (région d'Ifrane). Lors de chaque relevé, cent mollusques sont choisis au hasard dans chaque site afin de noter la hauteur de leur coquille au palmer (précision, ± 0,1 mm) et déterminer leur position par rapport à la nappe d'eau. Après chaque prospection, les mollusques sont remis dans leur biotope.

Dans chaque station et pour chaque date de relevé, nous avons mesuré : *i*) la profondeur de la nappe d'eau, *ii*) la température de l'eau, mesurée à 9 heures du matin et à 5 cm de profondeur, *iii*) la hauteur de cent *G. truncatula* choisis au hasard, *iv*) le nombre de mollusques émergés, *v*) la distance verticale (Fig. 1) entre la position du mollusque et la surface de l'eau, et *vi*) la distance horizontale (Fig. 1) entre le pied du mollusque et le bord le plus proche de la nappe d'eau. Des moyennes, accompagnées de leurs intervalles de confiance (à 95 %), sont établies pour les distances en tenant compte de la station d'étude et de la date du relevé. Elles ont été comparées par une analyse de variance à deux ou quatre facteurs [14] afin de déterminer les niveaux de signification statistique.

Résultats

VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA NAPPE D'EAU

Dans l'Oued Aïn Chkef, la profondeur de l'eau (Fig. 2) décroît rapidement jusqu'en mars et de manière plus lente jusqu'en septembre avant d'augmenter par la suite. Dans la zone marécageuse, on retrouve une chute rapide de la profondeur en janvier et une diminution plus lente jusqu'à la fin juillet. Après l'assèchement estival, l'eau réapparaît en octobre et augmente en hauteur jusqu'en décembre. Dans la vallée de l'Oued Zerrouka, la profondeur de l'eau est identique à celle décrite pour l'Oued Aïn Chkef. Par contre, dans la zone marécageuse, le niveau diminue de février jusqu'au début de mars et reste assez constant jusqu'au début d'août. Après un étiage à la fin août et au début de septembre, la profondeur de l'eau s'accroît régulièrement jusqu'à la fin novembre.

Dans l'Oued Aïn Chkef, la température de l'eau (Fig. 3) s'accroit depuis janvier jusqu'à la fin juin-début juillet (de 14° à 26° C) avant de décroître ensuite. La même évolution s'observe dans la zone marécageuse proche, mais les chiffres sont compris entre 20° et 24° C entre avril et juillet. Des remarques identiques peuvent être formulées pour les valeurs dans les deux stations d'altitude mais les gammes sont plus basses (de 11° à 22° C dans l'Oued Zerrouka et de 10° à 21° C dans la zone marécageuse).

Caractéristiques	Oued Aïn Chkef	Oued Zerrouka
Altitude	465 m	1680 m
Climat Température moyenne annuelle Pluviométrie moyenne annuelle	Semi-aride 10,5° à 25,8° C 534 mm	Méditerranéen montagnard 5,5° à 27,7° C 985 mm
pH de l'eau (février) Teneur en ions Ca^{++} dissous	8 75 mg/L	7,5 38 mg/L
Vitesse de l'eau (février)	85 cm/sec (oued), 11 cm/sec (marécage)	125 cm/sec (oued), 15 cm/sec (marécage)

TABLEAU I. — L'altitude, les conditions climatiques et les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau qui circule dans les habitats des quatre populations.

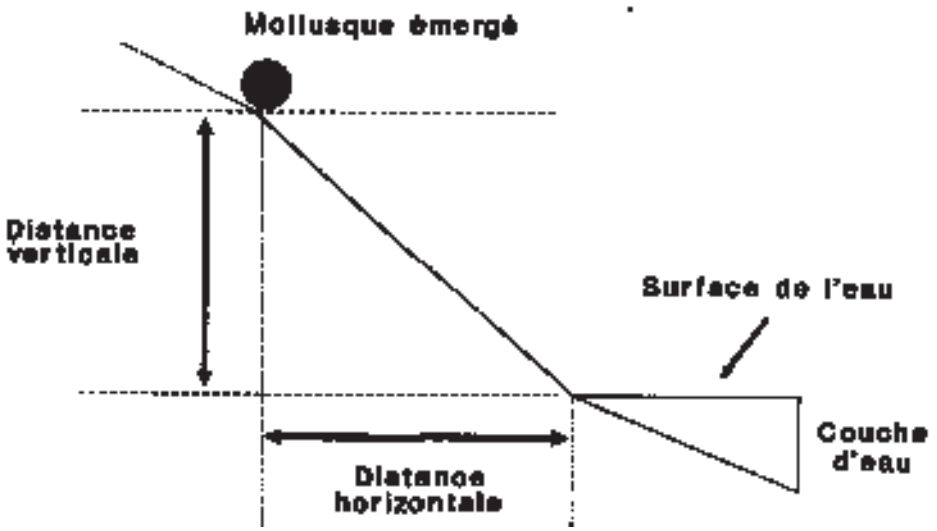

FIG. 1. — Les deux paramètres utilisés pour situer les limnées dans leurs habitats par rapport au niveau de l'eau.

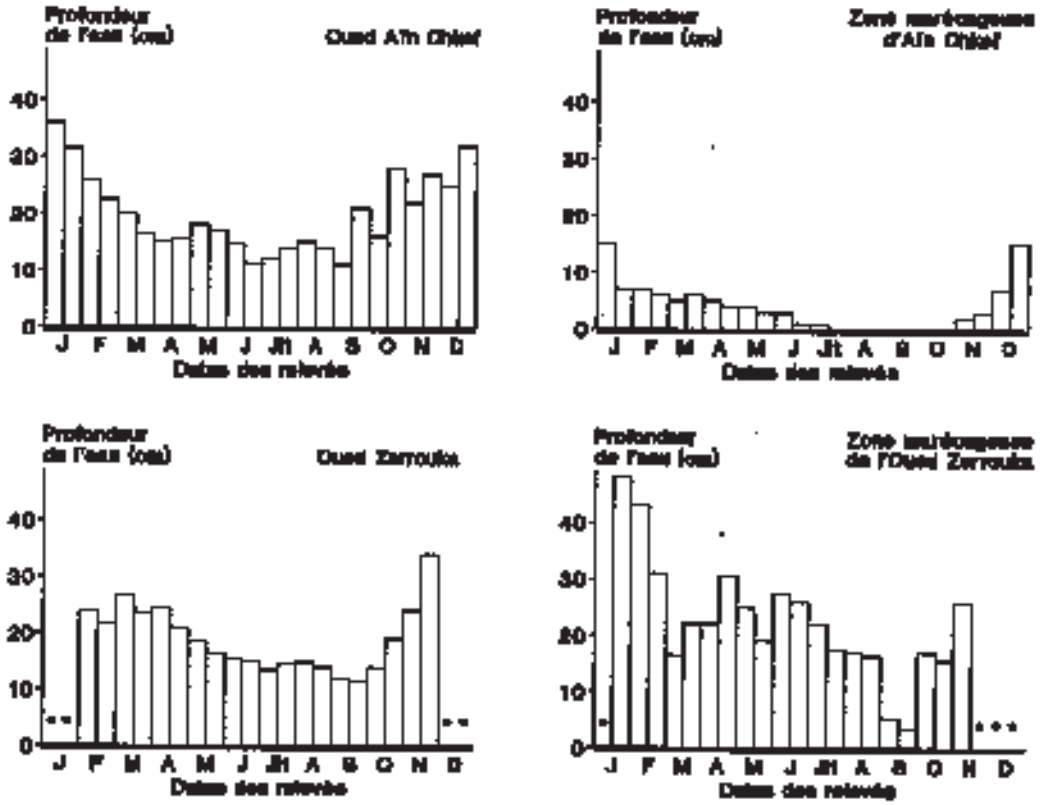

FIG. 2. — La hauteur de l'eau dans les quatre stations situées dans les vallées de l'Oued Aïn Chkef et de l'Oued Zerrouka (Maroc central). Cette dimension a été mesurée au point le plus profond de la nappe d'eau pour chaque site. *, présence de neige dans la vallée de l'Oued Zerrouka lors du relevé.

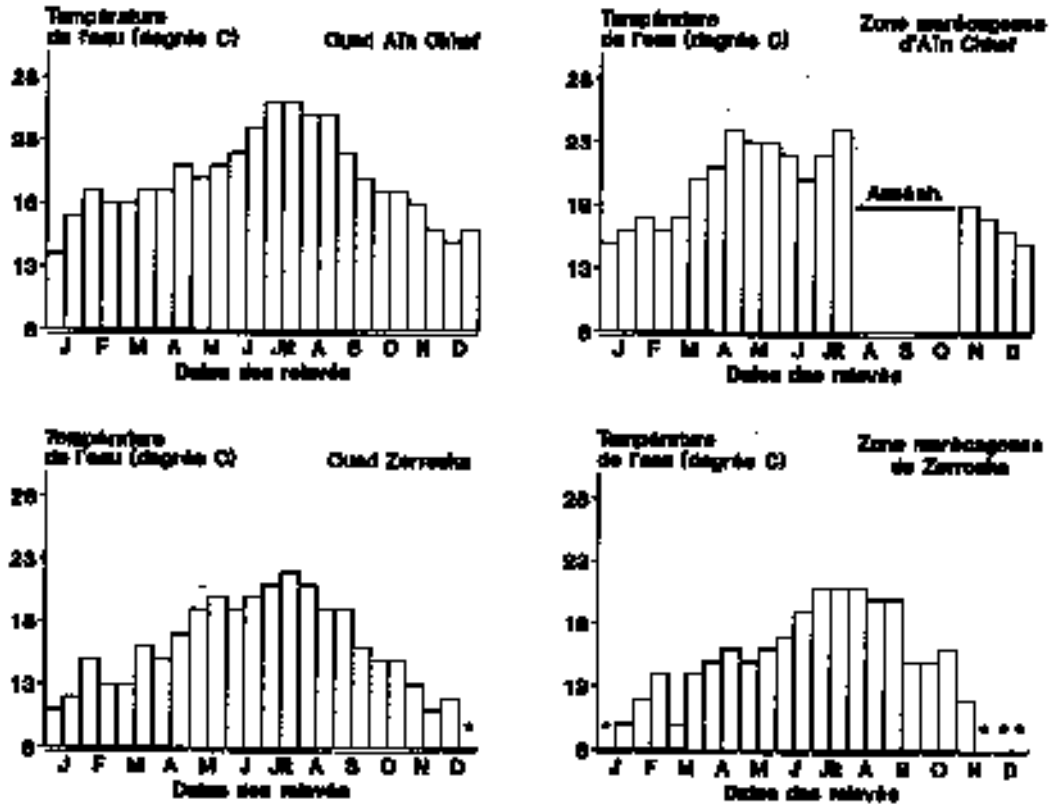
Température de l'eau (degrés C)
Oued Aïn Chkef
Zone marécageuse d'Aïn Chkef
Assèch.
Température de l'eau (degrés C)
Oued Zerrouka
Zone marécageuse du Zerrouka
J F M A M J JT A S O N D
Dates des relevés

FIG. 3. — La température de l'eau courante dans les quatre stations situées dans les vallées de l'Oued Aïn Chkef et de l'Oued Zerrouka. Assèch., assèchement estival. *, présence de neige dans la vallée de l'Oued Zerrouka lors du relevé.

POSITION DES MOLLUSQUES PAR RAPPORT À L'EAU

Sur les berges de l'Oued Aïn Chkef (Fig. 4), l'effectif des mollusques émergés s'accroît rapidement à la fin janvier et de manière plus lente jusqu'en mai. Par la suite, il est relativement constant et chute brutalement en octobre. Dans la zone marécageuse proche, les limnées émergées ne sont nombreuses qu'à partir du mois de mai. Après l'assèchement estival, on observe aussi une chute numérique au fur et à mesure des relevés. Dans la vallée de l'Oued Zerrouka, des fluctuations numériques s'observent jusqu'en mai et l'effectif ne s'accroît vraiment qu'en juin pour atteindre un pic en juillet et août sur les berges de l'oued, à la fin août dans la zone marécageuse.

Les distances horizontales et verticales entre les *G. truncatula* et l'eau sont fournies sur les figures 5 et 6. Sur les berges de l'Oued Aïn Chkef, les moyennes sont positives (mollusques émergés) sauf de la fin octobre à début décembre (limnées immergées). Sur les berges de l'Oued Zerrouka, l'émersion et l'immersion des mollusques alternent de février à début mai. De la fin mai à la fin octobre, on note une émersion constante des limnées, suivie d'une immersion totale lors des relevés ultérieurs. A l'inverse des berges, les résultats obtenus dans les zones marécageuses diffèrent. Dans celle d'Aïn Chkef, les limnées sont immergées de novembre jusqu'en avril et s'émergent totalement de mai jusqu'à la fin juillet. Dans celle proche de l'Oued Zerrouka, on note une émersion complète des limnées de la fin juillet au début d'octobre, suivie d'une immersion totale jusqu'au début de février. Au-delà, les périodes d'émersion et d'immersion des mollusques alternent jusqu'à la fin juin. Les distances horizontales enregistrées dans les zones marécageuses sont significativement plus grandes ($F = 52{,}61$; $P < 0{,}1$ %) que celles notées sur les berges de rivière. Par contre, les trois autres facteurs étudiés (altitude, hauteur des limnées, et date des relevés) n'ont pas d'effet significatif sur cette variable. Dans le cas des distances verticales, des différences significatives ont été relevées pour la nature de l'habitat ($F = 49{,}83$; $P < 0{,}1$ %), la taille des mollusques ($F = 14{,}79$; $P < 0{,}1$ %) et la date des relevés ($F = 10{,}87$; $P < 1$ %). En revanche, le facteur altitude n'a pas d'effet significatif.

Une étude plus détaillée sur les distances verticales recueillies dans chaque station révèle que la hauteur des limnées ($F = 38{,}28$; $P < 0{,}1$ %) et la date des relevés ($F = 97{,}91$; $P < 0{,}1$ %) ont un effet significatif sur cette variable dans le cas des berges de l'Oued Aïn Chkef. Les deux facteurs ont le même effet sur les distances verticales notées dans la zone marécageuse proche (hauteur de *G. truncatula* : $F = 4{,}59$, $P < 5$ % ; date des relevés : $F = 12{,}78$, $P < 0{,}1$ %). En revanche, dans le cas des deux sites d'altitude, la date des relevés n'a un effet significatif ($F = 7{,}74$; $P < 1$ %) que sur les distances verticales notées sur les berges de l'Oued Zerrouka. La taille des limnées n'a pas d'effet sur cette variable, quelle que soit la station considérée.

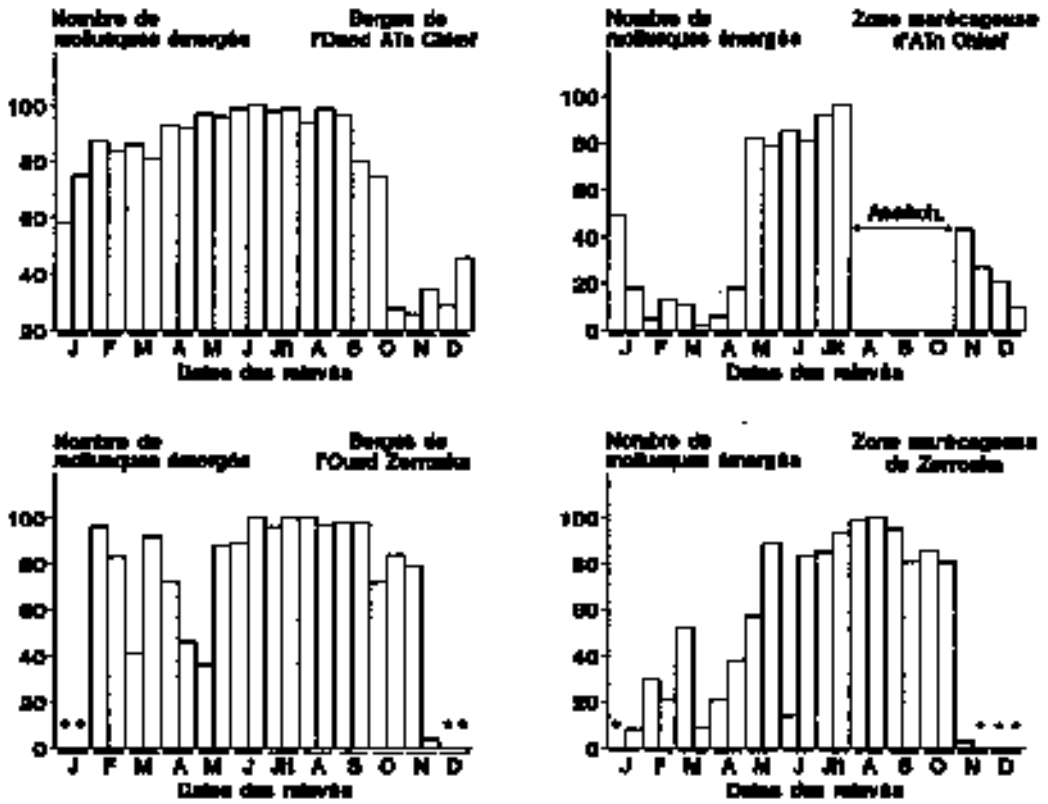
Nombre de mollusques émergés
Berges de l'Oued Aïn Chkef
Nombre de mollusques émergés
Zone marécageuse d'Aïn Chkef
Assèch.
Nombre de mollusques émergés
Berges de l'Oued Zerrouka
Nombre de mollusques émergés
Zone marécageuse de Zerrouka
J F M A M J Jlt A S O N D
Dates des relevés

FIG. 4. — Le nombre de limnées émergées dans les quatre stations situées dans les vallées de l'Oued Aïn Chkef et de l'Oued Zerrouka. Assèch., assèchement estival. *, présence de neige dans la vallée de l'Oued Zerrouka lors du relevé.

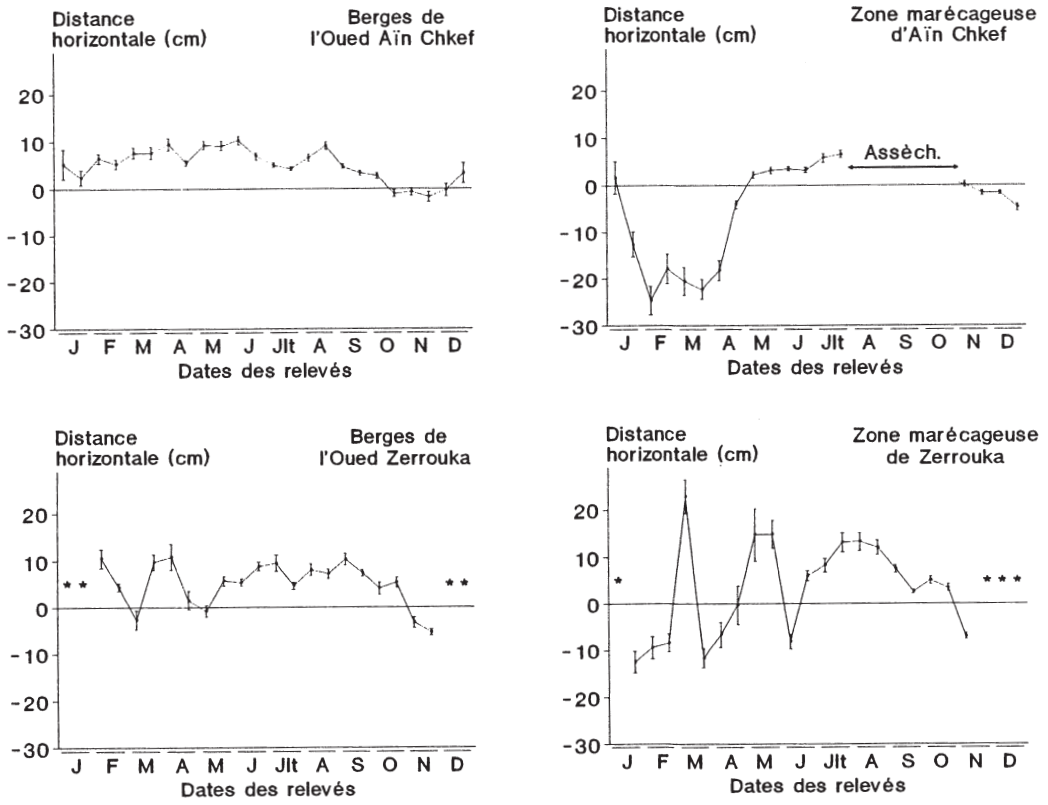
Distance horizontale (cm)
Berges de l'Oued Aïn Chkef
Distance horizontale (cm)
Zone marécageuse d'Aïn Chkef
Assèch.
Distance horizontale (cm)
Berges de l'Oued Zerrouka
Distance horizontale (cm)
Zone marécageuse de Zerrouka
J F M A M J Jlt A S O N D
Dates des relevés

FIG. 5. — Les distances horizontales entre la sole pédieuse des mollusques et la limite de l'eau dans les quatre stations situées dans les vallées de l'Oued Aïn Chkef et de l'Oued Zerrouka. Les moyennes sont indiquées avec leurs intervalles de confiance à 95 %. Assèch., assèchement estival. *, présence de neige dans la vallée de l'Oued Zerrouka lors du relevé.

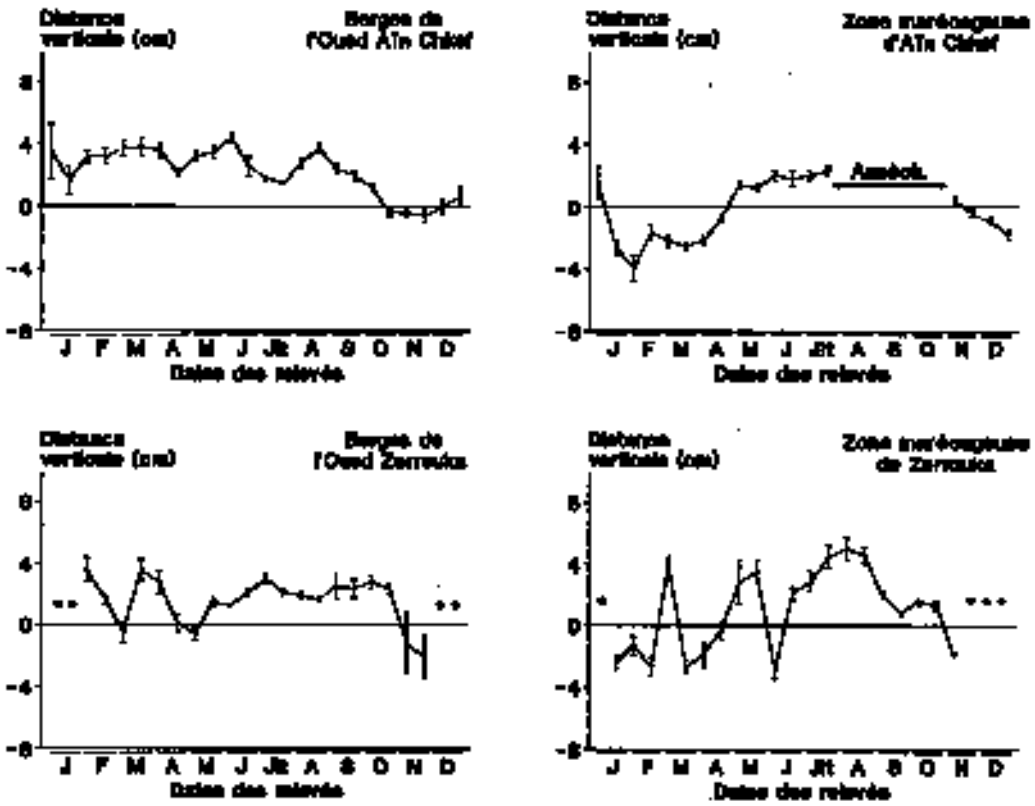
Distance verticale (cm)
Berges de l'Oued Aïn Chkef
Zone marécageuse d'Aïn Chkef
Assèch.
J F M A M J Jt A S O N D
Dates des relevés
Distance verticale (cm)
Berges de l'Oued Zerrouka
Zone marécageuse de Zerrouka
J F M A M J Jt A S O N D
Dates des relevés

FIG. 6. — Les distances verticales entre la sole pédieuse des mollusques et la surface de l'eau dans les quatre stations situées dans les vallées de l'Oued Aïn Chkef et de l'Oued Zerrouka. Les moyennes sont indiquées avec leurs intervalles de confiance à 95 %. Assèch., assèchement estival. *, présence de neige dans la vallée de l'Oued Zerrouka lors du relevé.

La comparaison des distances horizontales et verticales avec la température de l'eau (Fig. 3) montre clairement que ces deux paramètres n'ont pas de lien direct avec la position des mollusques dans leur habitat par rapport à la nappe d'eau.

Discussion

Plusieurs auteurs [3, 4, 6, 7, 8, 13] ont déjà étudié l'amphibiose de *G. truncatula* en démontrant que cette capacité à fréquenter les milieux immergés ou émergés dépend de l'espèce du mollusque. Nos résultats confirment les données de ces auteurs et les complètent en démontrant que l'on retrouve cette aptitude dans les populations d'altitude. Les variations observées dans l'amphibiose doivent être rapportées à la nature des habitats où vivent les mollusques et, par suite, aux facteurs environnementaux qui sévissent sur ces sites. Pour que l'émergence des limnées se fasse, la température de l'eau intervient (il faut plus de 18° C) mais ce n'est pas le seul facteur. La profondeur de l'eau ne peut être retenue car elle est de 6 cm dans la zone marécageuse d'Aïn Chkef (en février) et dépasse 20 cm dans celle de Zerrouka. L'un des facteurs pourrait être la vitesse du courant qui circule dans ces milieux. En présence d'un faible courant et de moins de 18° C, les limnées sont immergées mais cette aptitude disparaît dans le temps lors de la formation des flaques d'eau stagnante. En effet, le réchauffement plus important de celles-ci au cours de la journée contraindrait les limnées à sortir de l'eau et à circuler sur les zones voisines où la température est plus faible. Cette supposition s'appuie sur les résultats obtenus sur les berges de rivière où de nombreuses limnées sont émergées de janvier à octobre.

La dispersion des limnées dans les zones immergées et émergées est maximale en janvier dans la vallée de l'Oued Aïn Chkef et sur la première moitié de l'année dans celle de l'Oued Zerrouka. Si les variations hivernales dans le niveau de l'eau sont probablement à l'origine de ce résultat, ce n'est pas la seule explication car on ne peut négliger les déplacements propres du mollusque. En effet, une limnée haute de 7 à 8 cm est capable de se déplacer sur plus d'un mètre en une seule journée et de migrer en zone émergée jusqu'à 5 cm de hauteur par rapport à la surface de l'eau [9]. Le fait que les distances verticales enregistrées dans les stations d'Aïn Chkef soient corrélées à la taille des mollusques ne peut s'expliquer que par les conditions climatiques qui règnent dans la vallée. Les valeurs plus élevées de la température dans cette région entraîneraient un dessèchement plus rapide des zones émergées au cours de la journée, ce qui limiterait les distances parcourues par les mollusques et ne permettrait de grands déplacements que pour les limnées adultes.

Les distances les plus élevées entre les mollusques et l'eau ont été notées en juillet ou en août alors que le retrait de l'eau est maximal (disparition dans la zone marécageuse d'Aïn Chkef et étiage dans le reste des sites) et la température élevée. Dans ces conditions, on peut se demander si la sortie

permanente en dehors de l'eau ne correspondrait pas à une réaction de fuite vis-à-vis d'un milieu qui lui devient hostile. D'après RONDELAUD [10, 11], le mollusque s'émerge rapidement lorsque le milieu est pollué par voie chimique ou bien s'immerge si un prédateur terrestre est présent sur les zones émergées. Dans le cadre de nos observations, certaines limnées sortent de l'eau pour se fixer sur le substrat et rétracter leur corps dans leur coquille, ce qui leur permet de résister aux conditions défavorables liées à la période estivale. On peut donc se demander si cette réaction de fuite [10, 11] n'aboutirait pas à la mort fréquente du mollusque, surtout lorsque l'on sait que la végétation est assez clairsemée dans la vallée de l'Oued Zerrouka et que les variations du microclimat local sont d'assez grande amplitude. Il serait intéressant de vérifier les capacités des limnées locales à résister à des températures élevées pour vérifier cette dernière supposition.

Références

1. — GOUMGHAR M.D., RONDELAUD D., DREYFUSS G. et BENLEMLIH M. : Influence of aestivation on the survival of *Galba truncatula* (Mollusca : Gasteropoda) populations according to altitude. *Ann. Limnol*., 2001, **37**, 211-217.
2. — GOUMGHAR M.D., VIGNOLES P., RONDELAUD D., DREYFUSS G. et BENLEMMIH M. : Relations entre les générations annuelles de *Lymnaea truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), l'altitude et la nature de ses habitats dans le centre du Maroc. *Revue Méd. Vét*., 2002, **152**, 457-462.
3. — KENDALL S.B. : The life-history of *Limnaea truncatula* under laboratory conditions. *J. Helminthol*., 1953, **27**, 17-28.
4. — KENDALL S.B. : Relationships between the species of *Fasciola* and their molluscan hosts. *Adv. Parasitol*., 1965, **3**, 59-98.
5. — MAS-COMA S., ANGLES R., ESTEBAN J.G., BARGUES M.D., BUCHON P., FRANKEN M. et STRAUSS W. : The Northern Bolivian Altiplano : a region highly endemic for human fascioliasis. *Trop. Med. Int. Health*, 1999, **4**, 454-467.
6. — MEHL S. : Die Lebensbedingungen der Leberegelschnecke (*Galba truncatula* Müller). Untersuchungen über Schale, Verbreitung, Lebensgeschichte, natürliche Feinde und Bekämpfungsmöglichkeiten. *Arb. Bayer Landesanst Pflanzenbau Pflanzenschutz*, 1932, **2**, 1-1777.
7. — MOENS R. : Factors affecting *Lymnaea truncatula* populations and related control measures. *J. Med. Appl. Malacol*., 1991, **3**, 73-84.
8. — ROBERTS E.W. : Studies on the life-cycle of *Fasciola hepatica* (Linnaeus) and of its snail host, *Limnaea* (*Galba*) *truncatula* Müller in the field and under controlled conditions. *Ann. Trop. Med. Parasitol*., 1950, **44**, 187-206.
9. — RONDELAUD D. : Le cycle journalier d'activité de *Galba truncatula* Müller et sa relation avec le parasitisme. *Ann. Parasitol. Hum. Comp*., 1974, **49**, 427-434.
10. — RONDELAUD D. : Le comportement des Limnées tronquées (*Lymnaea* (*Galba*) *truncatula* Müller) saines ou infestées par *Fasciola hepatica* L. en présence de leur prédateurs. *Ann. Parasitol. Hum. Comp*., 1978, **53**, 63-74.
11. — RONDELAUD D. : Les effets d'une concentration sublétale de molluscicide ($CuCl_2$) sur l'activité reproductrice et les déplacements du mollusque hôte, *Lymnaea truncatula* Müller. *Ann. Rech. Vét*., 1988, **19**, 273-278.
12. — RONDELAUD D. et MAGE C. : *Lymnaea truncatula* Müller : les conséquences d'une seule génération annuelle sur les caractéristiques de l'infestation par *Fasciola hepatica* L. *Revue Méd. Vét*., 1992, **143**, 843-846.
13. — SMITH G. : A three-year study of *Lymnaea truncatula* habitats, disease foci of fascioliasis. *Br. Vet. J.*, 1981, **137**, 398-410.
14. — STAT-ITCF : Manuel d'utilisation. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Service des Études Statistiques, 1988, 210 p., Boigneville.
15. — VIGNOLES P., FAVENNEC L., DREYFUSS G. et RONDELAUD D. : Highland populations of *Lymnaea truncatula* infected with *Fasciola hepatica* survived longer under experimental conditions than lowland ones. *Parasitol. Res.*, 2002, **88**, 386-388.